

광대역 CDMA WLL용 스마트 안테나 시스템 구현

Implementation of a Smart Antenna System for Wide-Band CDMA WLL Channel

김미경* · 황현구* · 김종현** · 박환석** · 김상태*** · 최승원*

Mikyung Kim* · Hyungu Hwang* · Jonghun Kim** · Hwanseok Bahk** · Sangtae Kim*** · Seungwon Choi*

요 약

본 논문에서는 광대역 WLL신호환경에서 동작하는 스마트 안테나 시스템의 역방향 채널에서의 시스템 성능 분석을 제시하였다. 이 논문에 보여지는 모든 결과는 현재 상용화 된 단말기로부터 수신한 실제 데이터로부터 얻어졌다. 웨이트 벡터로부터 계산되어진 빔패턴과 BER(Bit Error Rate)은 실내와 실외 환경 실험에서 관찰되었다. 실험의 결과로, 제안되어진 스마트 안테나 시스템은 실외와 실내 신호 환경 모두에서 향상된 성능을 제공한다는 결론을 얻었다.

Abstract

This paper presents a performance analysis of experimental observations of a uplink smart antenna system operating in a wide-band CDMA environment designed for a WLL (Wireless Local Loop) system. The numerical results shown in this paper have been obtained from practical experiments using commercially developed mobile terminals. The beam pattern provided by the weight vector and the resultant BER (Bit Error Rate) are observed in both indoor and outdoor signal environments. From the experimental observations, it is concluded that the proposed smart antenna system provides significant improvements in receiving both indoor and outdoor signal environments.

key words : Wide-band CDMA WLL, Smart Antenna, Beam Pattern, BER

I. 서 론

본 논문에서는 한국에서 사용되고 있는 광대역 CDMA WLL^[1] 신호 환경에서 서비스를 제공할 수 있는 스마트 안테나 시스템을 구현하고 그 성능을 실험하였다. 본 논문의 실험에서 고려되고 있는 광대역 WLL 신호환경은 고정된 위치의 사용자들 뿐 아니라 이동성을 가진 사용자에게까지 서비스를 제

공할 수 있는 시스템이다.

이동 사용자 뿐 아니라 고정된 사용자를 위하여 스마트 안테나를 적용할 수 있는 이유는 스마트 안테나를 사용함으로써 다른 간섭신호의 파워에 비하여 원하는 신호의 파워를 증가시킬 수 있기 때문이다. 즉, 전방향으로 동일한 파워를 제공하는 기존의 안테나와는 달리, 본 시스템은 공간적으로 다른 간섭 신호에 대하여 필터링 작용을 하므로 성능면에

「본 논문은 산업기반 기술 과제로써 산업자원부의 지원을 받아 수행하였음.」

* 한양대학교 전자전기 컴퓨터 공학부 (School of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University)

** (주) 한텔 (Hantel Co., Ltd)

*** 한국 산업기술 평가원 (Korea Institute of Industrial Technology Evaluation & Planning)

· 논문 번호 : 20010613-076

· 수정완료일자 : 2001년 9월 7일

표 1. 트래픽 채널의 주요 변조 파라미터

Table 1. Modulation Parameters of Traffic Channel.

주요 변조 파라미터	
반송파 주파수(Carrier Frequency)	2.3 GHz
확산 이득 (Processing Gain)	64
심벌 변조율(Modulation Symbol rate)	128 Ksps
PN Chip Rate	8.192 Mcps

서 더욱 개선된 효과를 얻을 수 있다.

본 논문에서 제시하는 스마트 안테나 시스템은 6개의 안테나 소자로 구성된 배열 안테나, 주파수 상/하향 변환기, 확산/역확산기, 빔형성기 등으로 구성되어 있다. 어레이 안테나로 수신된 데이터들은 아날로그/디지털 변환기를 거친 후 기지국 모뎀부분으로 입력되어진 후 역확산 과정을 수행하게 된다. 그러나 본 실험을 위하여 기지국 모뎀 부분을 설계하기는 어려움이 있었으므로 데이터 저장장치(Data Storage kit)를 사용하여 수신한 데이터를 바탕으로 역확산과 빔형성 과정을 오프라인(off-line)으로 구성한 후 성능을 분석하였다.

WLL 역방향링크는 역방향 트래픽 채널과 역방향 액세스 채널로 구성되어 있다. 그 중 트래픽 채널은 다시 PPCS 채널(Pilot and Power control and Signaling channel)과 트래픽 정보 채널로 구성되는데, 본 논문에서는 그중 웨이트 계산을 위하여 파일럿 정보가 포함되어 있는 PPCS 채널을 사용하였다. 역방향 트래픽 채널의 주요 변조 파라미터들은 표 1과 같다.

성능 분석은 실내와 실외 환경에서 수행되었으며 실내에서는 간섭신호의 수와 전력의 세기를 변화시키는 조건 하에 BER을 측정하여 보았고, 실외에서는 단말기의 위치를 변화시켰을 때 원하는 신호의 방향으로 빔패턴(Beam Pattern)이 형성되는지를 확인하였다.

본 논문의 II장에서는 데이터를 저장하기 위한 수신 데이터 저장 장치의 구성과 데이터의 변조과정을 설명하게 된다. III장에서는 여러 가지 환경 하에 수신한 데이터들을 바탕으로 성능 분석을 실시하였으며 IV장에서 결론을 맺었다.

II. 시스템의 구성

그림 1은 복조과정의 오프라인(off-line) 절차를 위해 수신신호를 저장하는 방법을 도식화 한 것이며 그림 2에서는 스마트 안테나 테스트 베드(Test-bed)가 장착된 WLL 기지국과 수신 데이터 저장 시스템을 보여주고 있다. 그림 1에서 나타낸 바와 같이 아날로그/디지털 변환 된 신호는 컴퓨터의 하드웨어 장치에 저장된다.

WLL의 규격에 따라서 2.3 GHz의 수신 신호는 주파수 하향 변환(Frequency Down Conversion)한 후에 8.192 M chips/sec의 chip 속도로 아날로그/디지털 변환기를 거치게 된다. 아날로그/디지털 변환기에서는 4배의 오버 샘플링(Over Sampling)을 수행하여 I, Q 채널에서 각각 4비트로 양자화(Quantization)를 실시한다.

4배의 오버 샘플링을 거친 신호는 결과적으로 786.432 Mbps의 데이터 속도를 가지게 되는데, 이는 PCI 버스와 클럭의 최고 속도를 이용하더라도 한 대의 컴퓨터에서 6개의 안테나로 수신한 모든 신호를 감당할 수가 없다. 그러므로 각각 262.144 Mbps의 속도를 가지는 2개의 안테나 신호가 한 대의 컴퓨터에 저장될 수 있도록 하여, 모두 3대의 컴퓨터에서 안테나 6개의 정보를 수집한다. 6개의 안테나로부터

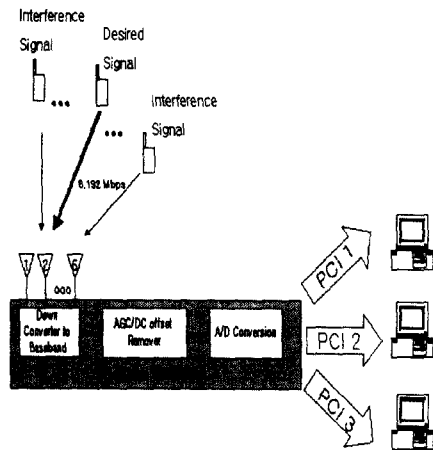


그림 1. 스마트 안테나 수신 시스템 구성도.

Fig. 1. Block diagram of smart antenna system.

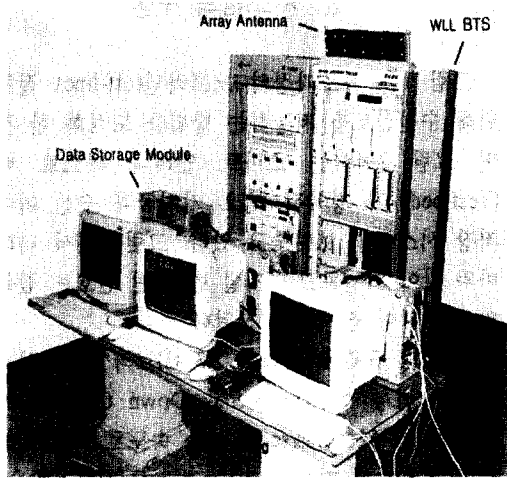


그림 2. 스마트 안테나 시스템 사진
Fig. 2. Photograph of smart antenna system.

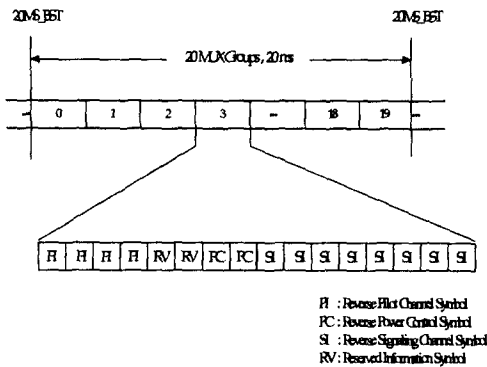


그림 3. WLL 역방향 채널 프레임 구조
Fig. 3. WLL uplink channel frame structure.

나와서 데이터 저장 장치로 전달되는 신호는 동일한 기준 클럭을 사용하므로 정확하게 동기가 맞추어져 있다.

실험 중에 시스템은 단일신호 모드에서 동작하며, 서론에서 언급한 것과 같이 웨이트 계산을 위하여 쓰인 신호는 PPCS 채널의 신호를 이용하게 되는데, 액세스 채널의 신호를 통하여 단말기가 기지국을 액세스 한 후에 통신이 연결된 상황에서 이용하게 된다. 그림 3은 PPCS 채널의 구조를 보여주고 있다. 위상 보상을 위하여 필요한 파일럿 신호는 16개의 심벌 중 처음 4개로 구성되고 하다마드(Hadamard) 코드 중 1번째 코드인 H_0 를 이용하여 구분할

수 있다. 실험을 간단히 하기 위하여 단말기에서 보내는 정보 중 PPCS 채널에서는 0, 1, 2, 3, ..., 8, 9의 순서의 정보를 반복적으로 송신하였다. 아날로그/디지털 변환 된 신호들은 소프트웨어 적으로 프로그램된 역확산(Demodulation)^[2] 과정을 거치며 그 과정을 단계별로 상세히 설명하면 다음과 같다.

2-1 PN 코드 생성

주어진 PN 시드(seed)에 따라서 Long PN 코드가 163,840 chip의 길이로 생성되는데 이것은 1 프레임 길이인 20 ms 동안에 1.892 Mcps의 속도로 전송되는 PN 코드에 해당된다. 하다마드 코드(Hadamard code) 생성 후에 PN 코드와 곱하여서 각 채널의 독립성을 유지한다.

2-2 서칭과 획득

1/4 칩의 시간 간격으로 long PN 코드를 고정시키고 아날로그/ 디지털 변환된 입력신호를 시간 축상으로 움직여 가면서 상관관계를 관찰하여 에너지가 가장 높은 지점을 찾는다.

2-3 역확산

서칭 과정을 통해 획득한 PN 코드 동기를 이용하여 아날로그/디지털 변환 된 입력신호에 대한 역확산(Despreading)을 실시한다.

2-4 채널 검출

역확산을 마친 파일럿 신호를 이용하여 페이딩 등을 겪어 들어온 채널을 검출하여 위상 지연에 대한 보상을 한다.

III. 성능 분석

시스템의 성능을 확인하기 위하여 첫 번째로 실내에서 간섭 신호에 따른 BER을 확인하였다. 실험은 간섭신호의 수가 각각 1개와 7개일 때 수행하였다. 표 2, 표 3에서 실험의 유형을 정리하였다. 각 경우에 희망신호와 간섭 신호의 전력 비를 변화시

표 2. 1개의 원하는 신호와 1개의 간섭신호비
Table 2. 1 Desired source and 1 interferer.

	Desired Signal Power	Interference Signal Power	SIR (dB)
Case 1-A	0	0	0
Case 1-B	-17	0	-17
Case 1-C	-20	0	-20

표 3. 1개의 원하는 신호와 7개의 간섭신호비
Table 3. 1 Desired source and 7 interferer.

	Desired Signal Power	Interference Signal Power	SIR (dB)
Case 2-A	5	0	-3.45
Case 2-B	-2	0	-10.45
Case 2-C	-5	0	-13.45
Case 2-D	-9	0	-17.45

표 4. 알고리즘에 따른 BER 개선
Table 4. BER obtained by various algorithms.

	단일 안테나	어레이 안테나			
		Ordinary Lagrange	Generalized Lagrange	LCGM	LMS
Case 1-B	0.1954	0.0854	0.0256	0.0600	0.0787
Case 1-C	0.3330	0.2287	0.2151	0.2337	0.2895
Case 2-A	0.0711	0.022	0.0193	0.0219	0.0217
Case 2-B	0.1602	0.0413	0.0363	0.0413	0.0481
Case 2-C	0.2196	0.0800	0.0838	0.0775	0.1194
Case 2-D	0.3357	0.2250	0.2521	0.2588	0.2854

킨 후 시스템의 성능을 분석하였다. 이 실험에서는 모든 경우에 간섭신호의 전력은 고정시키고 더 이상의 신호의 추적(Tracking)이 불가능해질 때까지 희망 신호의 전력을 점차적으로 낮추면서 실험하였다. Case 1은 원하는 신호원에 대하여 간섭 신호가 하나만 존재할 경우에 원하는 신호의 전력비를 점

점 낮추어 실험한 것이며, Case 2는 원하는 신호원에 대하여 간섭 신호원이 7개 존재할 때 전력비를 변화시켜 본 것이다. Case 1-C 와 Case 2-D는 단일 안테나에서 신호를 추적(Tracking)하는 핑거(Finger)가 동기를 잃기 시작하는 시점에서의 전력비로써, 이보다 더 낮은 전력비를 가질 경우 PN 동기를 잃어버리므로 더 이상의 통신이 불가능한 경우이고 나머지 경우에는 모든 경우 통신이 충분히 이루어지고 있는 경우이다. 표 2와 표 3에 근거해서 각 경우 별로 단일안테나로 수신한 경우와 6개의 어레이안테나를 사용한 경우에 각각의 BER을 측정함으로써 성능을 비교하여보았다. 그 결과는 표 4와 같다. 어레이 안테나를 사용한 경우 빔형성을 위해 Ordinary Lagrange, Generalized Lagrange^[3], LCGM^[4], LMS^[5] 등의 적응 알고리즘을 이용하였다.

Case 1-A의 경우 실내에서 원하는 신호의 전력을 충분히 수신하였고 간섭신호의 수도 하나이므로 단일 안테나와 어레이 안테나의 수신 신호의 오류 확률은 0에 가깝게 나타났다. Case 1-C 와 Case 2-D의 경우는 통신이 유지되는 최소한의 전력만을 가지고 수신하였으므로 시스템의 성능은 현저히 떨어진다.

각 알고리즘에 따른 BER 값들은 경우에 따라 다소 차이가 있었으나 전반적으로 비슷한 성능을 보이고 있으며, 모든 경우 어레이 안테나에 의한 수신 성능은 단일 안테나의 경우보다는 월등히 향상된 성능을 보임을 알 수 있다. 또한 수신된 데이터를 바탕으로 빔패턴(Beampattern)을 구해보면 그림 5와 같이 0°에서 최대의 전력을 갖는 빔(Beam)이 형성된다.

실외에서 수행한 실험은 단말기가 그림 4에 나타난 것과 같이 위치했을 때 기지국에서 수신한 데이터의 빔패턴을 계산해 봄으로써 단말기의 방향으로 최대 이득을 가지는 빔(Beam)이 나타나는 지를 확인하기 위한 실험이다. 최적의 웨이트 벡터를 계산하기 위하여 사용되어진 알고리즘은 Ordinary Lagrange 알고리즘^[3]이다.

이 실험에서는 기지국을 중심으로 여러 방향에서 단말이 신호를 송신하는 경우 그 신호에 대해서 정확한 방향으로 빔이 형성되는지 확인하였다. 기지국에서 point 1까지의 거리는 약 120 m 정도이고, point 2까지의 거리는 약 250 m 정도이다. 실외 실

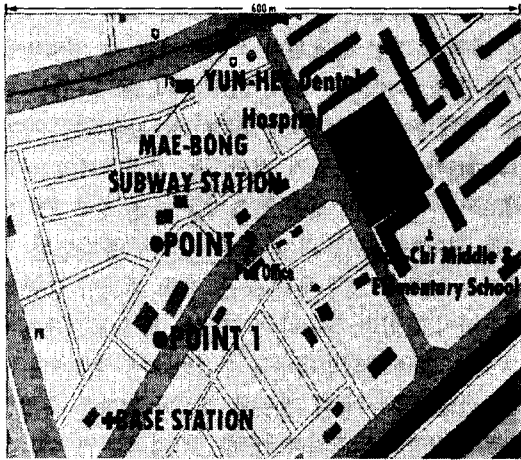


그림 4. 실외 실험에서의 단말기와 기지국의 위치
 Fig. 4. Location of the smart antenna base station and subscribers.

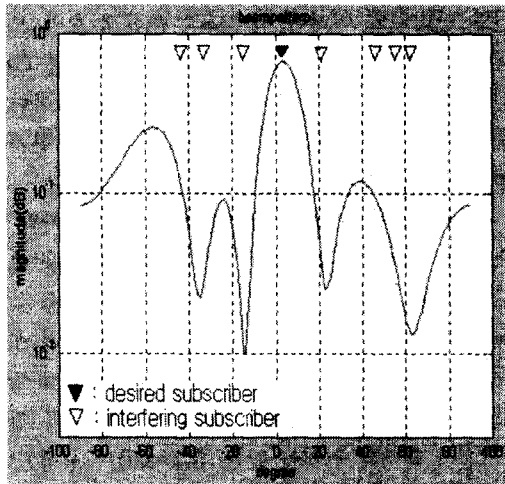


그림 5. 실내에서 측정된 beam 패턴
 Fig. 5. Beam pattern obtained in Indoor Experiments.

험에서는 기지국이 신호를 서칭(Searching)한 후 계속 트래킹(Tracking) 할 수 있는 충분히 큰 전력을 이용하여 송신하므로, 기지국에서는 수신 신호에 대한 정보를 계속 유지하고 있다. 그러므로 다시 서칭(Searching) 할 필요가 없는 환경에서 빔패턴(Beam Pattern)에 대한 검증이 수행된다.

기지국에서 배열안테나는 point 1의 방향으로 향하고 있다. 두 지점에서 수신한 데이터의 빔패턴을

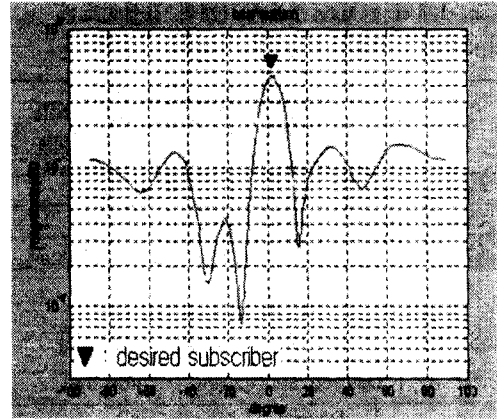


그림 6. Point 1에서 측정된 Beampattern (실외)
 Fig. 6. Outdoor Beampattern from point 1.

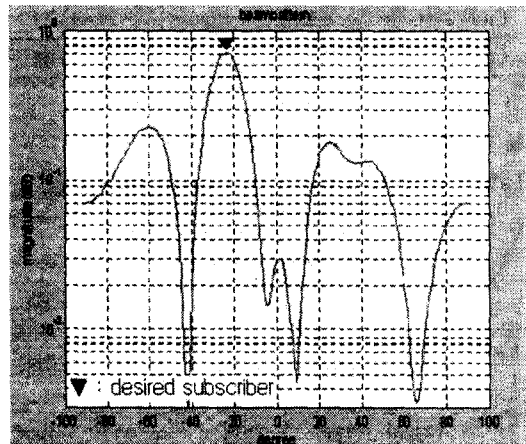


그림 7. Point 2에서 측정된 Beampattern (실외)
 Fig. 7. Outdoor Beampattern from point 2.

그러보면 다음에 나타난 그림 6, 그림 7과 같다.

결과로 나타난 빔패턴은 1개의 프레임의 채널을 검출하여 웨이팅한 결과이며 각 프레임마다 갱신한 오류 확률은 이전 프레임과 거의 같은 형태로 나타났다. 앞에서 언급한 바와 같이 위상을 보상하기 위해서 한 프레임에서 4개의 파일럿 신호를 이용한다. 계산되어진 빔패턴은 point 1의 경우 0°, point 2의 경우 약 -20° 근처에서 최대의 빔을 형성하는 것을 볼 수 있다.

모든 경우에 통신이 끊어지지 않을 충분한 전력을 가지고 실험하였고 다른 간섭신호를 고려하지

않고 오직 희망 신호 1개만을 이용한 실험이었으므로 디코딩(Decoding)^[2]을 이용하여 송신 데이터와 비교해봤을 때 전송에러는 거의 없었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 광대역 CDMA WLL신호 환경 하에서 스마트 안테나 기지국을 구현하고, 필드를 통하여 실제로 수신된 데이터를 이용하여 시스템의 성능을 측정하였다. 수신된 데이터는 소프트웨어적으로 역확산 과정을 거친 후, 실시간으로 동작되는 빔형성 모듈로 전송되어져 희망 신호 방향으로 최대 빔을 형성하는 최적의 웨이트 벡터(weight vector)를 얻을 수 있다.

시스템의 성능은 실내와 실외 환경에서 희망신호의 전력을 변화시키거나 방향을 변화시키는 등의 다양한 방법을 통하여 확인할 수 있었다. 단일 안테나와 어레이 안테나에 수신된 데이터의 오류확률을 비교해 본 결과, 단일 안테나에서 나타난 오류확률보다 어레이 안테나에서 나타난 오류확률이 월등히 낮음을 알 수 있다. 또한 빔패턴을 구해본 결과로 원하는 신호의 방향으로 최대의 전력을 가지는 빔

이 형성됨을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] TTA, *Wideband CDMA air interface compatibility standard for 2.3GHz band WLL system (layer1)*, Dec. 1997.
- [2] J. S. Lee, L. E. Miller, *CDMA Systems Engineering Handbook*, Artech House Publishers, pp. 677-837, 1997.
- [3] S. Choi and D. Shim, "A novel adaptive beamforming algorithm for a smart antenna system in a CDMA mobile communication environment", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 49, pp. 1793-1806, Sept. 2000.
- [4] S. Choi, H. H. Son and T. K. Sarkar, "Implementation of smart antenna system on a general purpose digital signal processing utilizing a linearized CGM", *Digital Signal Processing*, vol. 7, no. 2, pp 105-119, 1997.
- [5] B. Widrow and P. E. Mantey, "Adaptive antenna systems", *Proc. IEEE*, vol. 55, pp. 2143-2159, 1967.

김 미 경



1999년 2월: 대구대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2000년 3월~현재: 한양대학교 대학원 전자통신공학과 석사과정
 [주 관심분야] IMT-2000 용 스마트 안테나 시스템. 전송 다이버시티.

황 현 구



2000년 2월: 한양대학교 (공학사)
 2000년 3월~현재: 한양대학교 대학원 전자통신공학과 석사과정
 [주 관심분야] WLL 스마트 안테나용 기지국 신호분석. cdma 2000 스마트 안테나용 모뎀 설계 및 제작.

김 중 현

1998년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
 2000년 2월: 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학석사)
 2000년~현재: (주)한텔 중앙연구소 연구원
 [주 관심분야] 무선통신시스템

박 환 석

2000년~현재: (주)한텔 중앙연구소 책임연구원
 [주 관심분야] 무선통신시스템

최 승 원



1976년 3월~1980년 2월: 한양대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)

1980년 3월~1982년 2월: 서울대학교 공과대학 전자공학과 (공학석사)

1984년 9월~1985년 12월: Syracuse University 전산공학 (공학석사)

1986년 1월~1988년 12월: Syracuse University 전산공학 (공학박사)

1992년 9월~현재: 한양대학교 전자통신공학과 교수
[주 관심분야] 디지털 통신, 3세대 환경에서의 스마트 안테나 시스템 구현

김 상 태



1984년: 아주대학교 전자공학과 (공학사)

1986년: 아주대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

2000년: 아주대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1991년~현재: 한국산업기술평가원 정보통신실장

[주 관심분야] 무선통신시스템